

Cuando una célula típica adquiere el tamaño característico particular, se divide. Este proceso constituye la reproducción celular. La división de una célula (*citocinesis*) está asociada típicamente con un complicado método indirecto de división nuclear (*cariocinesis*). Los dos procesos constituyen la mitosis.

#### MITOSIS.

*Definición.* La mitosis es una forma de división celular que involucra una división exacta, tanto cuantitativa como cualitativa, de todos los constituyentes esenciales del núcleo.

*Fases o Pasos.* Debe pensarse que la mitosis es un proceso continuo que se inicia con un crecimiento celular simple ("descanso") y termina sin haber sufrido ningún cambio de importancia, solamente hasta que esa célula se ha dividido en dos. Para el mejor entendimiento del desarrollo del proceso generalmente, se divide en cuatro fases. Esencialmente son las mismas tanto en plantas como animales, pero sufren algunas variaciones entre los diversos organismos. Como se ha señalado con anterioridad, el proceso que presenta en la mayoría de los organismos. La fase de crecimiento es la *interfase*.

*Profase.* Esta incluye todos los cambios en la célula, desde el principio de la división, hasta el acomodamiento de los cromosomas sobre el ecuador de la célula. Estos cambios se presentan, aproximadamente, en la siguiente secuencia: -- (1) Los centriolos se separan y se desplazan hacia los polos opuestos del núcleo, a 90° de su posición original. (Los centriolos se encuentran ausentes de las células de los vegetales superiores). Al mismo tiempo, empiezan a aparecer fibras en el citoplasma (*Helioaster*), las cuales irradian de los centriolos si éstos se encuentran presentes. (2) La cromatina en el núcleo, se condensa para formar los característicos cromosomas, cada uno de los cuales está formado de dos cromatidas paralelas. El número de cromosomas de una célula, es

característico para cada especie de organismo. (3) La membrana nuclear desaparece. (En algunos casos, la membrana persiste y se realiza la mitosis dentro de ella). (4) Se forma el huso acromático, el cual está formado de dos tipos de fibras: *fibras continuas*, que se extienden de polo a polo y *fibras cromosómicas*, adheridas a un lugar en particular, el *centrómero*, en cada cromosoma. (5) El nucleolo desaparece. (6) Los cromosomas emigran hacia el plano ecuatorial. (Fig. 2-6 B).

*Metafase.* La metafase, es el estado en el que los cromosomas se encuentran en el ecuador y durante el cual principia la separación de las cromatidas hijas de cada cromosoma. Involucra relativamente poca actividad. (Fig. 2-6 C).

*Anafase.* Las cromatidas de cada cromosoma se separan y migran hacia los polos, las posiciones de los nuevos núcleos. Se mueven como si fueran jalados por la contracción de las fibras que se encuentran adheridas a ella. En esta fase, las cromatidas pasan a ser cromosomas hijas, que se han derivado del cromosoma original, al dividirse éste longitudinalmente, para formar dos. (Fig. 2-6 D).

*Telofase.* Este estado incluye los procesos de organización del núcleo hijo (1) Los cromosomas se transforman, dando lugar a la red de cromatina de la interfase del núcleo; aparece la membrana nuclear. (2) El centriolo, si se encuentra presente, generalmente se divide en dos. (3) Si se presenta la citocinesis, durante este estado se separan las células hijas. En las células animales desaparecen las fibras del huso, y las células se separan por constricción. En las células vegetales, se origina una serie de engrosamientos en las fibras a través del ecuador; éstas se unen para formar la *placa celular*, que da origen a la nueva pared celular que separa las dos células. (Fig. 2-6 E).

*Mecanismos de la Mitosis.* Existen varias teorías, ninguna de las cuales es completamente satisfactoria para explicar los movimientos de los cromosomas y la división de la célula sobre bases fisicoquímicas.



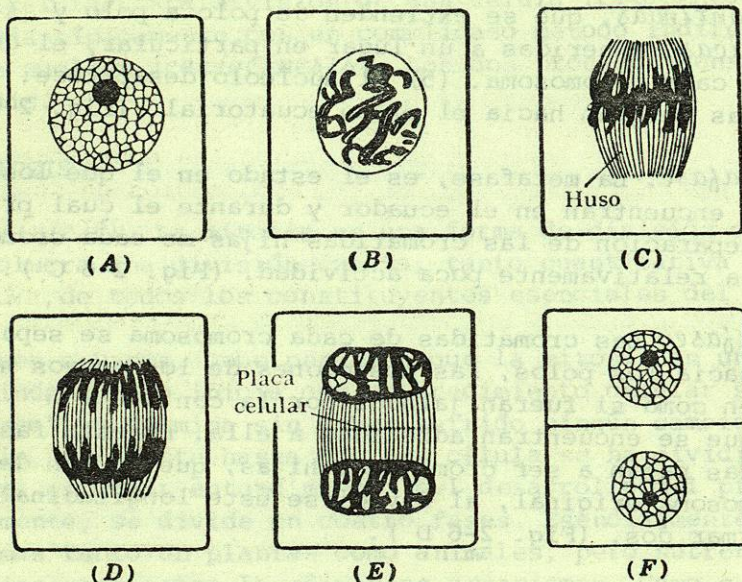


Fig. 2-6 La mitosis en las células vegetales, ejemplificada en la raíz de una cebolla. Esquema diagramático. (A) Crecimiento o célula "en reposo". (B) Profase, formación de cromosomas. (C) Metafase, división de los cromosomas sobre el ecuador del huso. (D) Anafase, migración de los cromosomas hacia los polos. (E) Telofase, organización del núcleo de las células hijas. La placa celular se empieza a formar. (F) Las dos células hijas en estado de crecimiento.

(a) Es obvio que algún tipo de fibras se encuentra adherido a los cromosomas, y que aparentemente jalan a los cromosomas hacia los polos.

(b) Los husos mitóticos, semejan a campos de fuerza magnéticos polarizados, pero evidentemente esto no es cierto; - varios factores hacen que tal interpretación sea imposible.

(c) Se presentan corrientes de difusión durante la mitosis, especialmente en las células animales embrionarias, estas pueden estar relacionadas con los cambios en tensión superficial.

(d) Se presentan cambios en la viscosidad protoplásmica, los cuales probablemente son de mucha importancia.

Explica cada una de las fases de la mitosis.

---



---



---



---



---



---

2-14 DIFERENCIA ENTRE LAS CELULAS ANIMALES Y VEGETALES.

*Morfología.* Los organismos vegetales unicelulares más pequeños, son considerablemente de menor tamaño que las células animales más pequeñas, mientras que el tamaño máximo de las células animales, considerablemente mayor al de las células vegetales. Sin embargo, típicamente, las células animales y vegetales son aproximadamente del mismo tamaño. Las células vegetales, en general, poseen una pared celular rígida, que rodea la membrana celular y está compuesta principalmente de celulosa. El citoplasma a menudo contiene plástidos, particularmente los cloroplastos, que se encuentran involucrados



en la fotosíntesis.

*Fisiología.* Siendo la pared celular rígida, evita la libre expansión del protoplasma contenido dentro de ella. Consecuentemente la absorción de agua, debido a la alta presión osmótica del protoplasma, da por resultado la característica *turgencia* de las células vegetales. Los carbohidratos, grasas y proteínas, pueden ser sintetizados por las células vegetales a partir de compuestos inorgánicos simples. Se encuentran involucradas en este proceso enzimas específicas, y la energía para las reacciones es derivado de la luz solar o de reacciones químicas exotérmicas.

*Reproducción.* En las células de las plantas con flores, se encuentran ausentes los centriolos. Durante la telofase de la mitosis, las células hijas no se separan por la formación de una constricción, sino debido al crecimiento de una estructura, la *placa celular*, sobre el ecuador del huso que se va desintegrando.

#### LA IMPORTANCIA DE LAS CELULAS.

La importancia del concepto o principio celular, puede apreciarse por el hecho de que la célula es; (1) La unidad de estructura, y (2) La unidad de función en todos los organismos. Es también, como se verá posteriormente, (3) la unidad de desarrollo y, (4) la unidad de la herencia. Incluso los procesos de evolución orgánica, dependen fundamentalmente de los cambios de las células individuales, las células a partir de las cuales se desarrollan nuevos individuos.

#### 2-15 MOLECULAS DE LA VIDA.

El agua se encuentra donde hay vida. Por término medio, el agua constituye el 75% de la materia viva. El agua presenta características no usuales, que dan lugar a que su comportamiento sea totalmente diferente a los demás líquidos. A este comportamiento se debe que el agua sea muy importante -- para los organismos vivos. Al estudiar este compuesto, los científicos han descubierto que la causa de su comportamiento especial radica en su estructura molecular y, por tanto,

es conveniente ver cómo es su estructura.

Los experimentos han demostrado que la molécula de agua es parecida a la que se muestra en la fig. 2-7. Podemos ver que su forma es semejante a un triángulo. El núcleo del oxígeno, por tener 8 protones, posee una carga positiva más fuerte que la de los dos núcleos de hidrógeno con sus dos protones. Debido a esto, los electrones que giran alrededor del núcleo de hidrógeno son atraídos fuertemente por el núcleo del oxígeno. No debemos olvidar que cargas opuestas se atraen y que su grado de atracción es directamente proporcional al tamaño de la carga.

¿Cómo afecta esta distribución a la molécula? Primero, la mayor concentración de cargas negativas está cerca del oxígeno "final" de la molécula; segundo, los núcleos del hidrógeno, que están cargados positivamente, no están totalmente balanceados con las cargas negativas de los electrones. Por eso el hidrógeno "final" de la molécula presenta una mayor concentración de cargas positivas. De ahí resulta una molécula con dos polos, como si se tratara de un imán. El oxígeno final es el polo negativo y el hidrógeno final, es el polo positivo.

La propiedad característica del agua es el resultado de la naturaleza polar de la molécula, que es la responsable del aumento de las fuerzas de cohesión que existen en el agua. *Cohesión* es el término que indica el hecho de mantenerse unida una sustancia. Note que en la fig. 2-8 las fuerzas de cohesión impiden que el agua cubra la aguja y se hunda en el líquido. Ya sabemos que las cargas opuestas se atraen. Por lo tanto, el polo negativo de una molécula de agua atrae al polo positivo de otra y esta atracción es la que las mantiene juntas.

Cuando dos moléculas de agua están muy juntas, la fuerza de atracción entre ellas es tan fuerte que se puede considerar como un tipo de enlace químico. Este enlace se llama *puen*



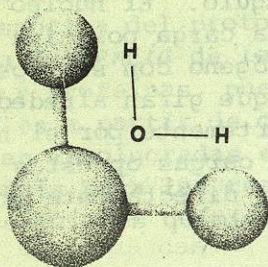


Fig. 2-7 Hay tres formas de representar una molécula de agua.

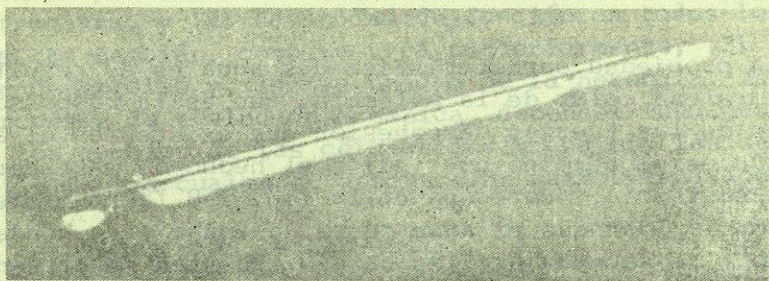


Fig. 2-8 Las fuerzas de cohesión entre las moléculas del agua explican en parte, la tensión superficial. Eso es lo que hace posible que flote la aguja en el agua.

te de hidrógeno, y se ha encontrado que esta energía es igual a un veinteavo de la energía de enlace de una molécula de este elemento. Cuando se proporciona energía al agua por calentamiento, es lógico que sus moléculas vibren más y más. Esta vibración puede romper algunos enlaces débiles de hidrógeno y las moléculas de agua se pueden separar. Si la energía -- aumenta, las moléculas individuales empiezan a desprenderse de la superficie del agua y pasan al aire. Así es como se produce la evaporación.

La naturaleza polar de la molécula de agua es la causa principal del papel importante que desempeña el agua en los organismos. No sólo estas moléculas se atraen entre sí sino que también atraen a otros átomos o moléculas que están cargados eléctricamente. Hay un gran número de oportunidades para que esto suceda en los organismos. La mayoría de las otras moléculas tienen partes cargadas eléctricamente que permiten que el agua las pueda atraer fácilmente. El efecto sobresaliente del agua, sobre esas moléculas, es que las dispersa a través de la célula y de su medio exterior. La dispersión de otras moléculas en el agua, es otra manera de decir que muchos compuestos son solubles en ella. Se podría imaginar a las moléculas del agua como una flota de remolcadores que empujan y jalan a otros barcos por medio de cables o sogas que se rompen fácilmente.

Con excepción del agua y de ciertos minerales, la mayor parte de las moléculas de los organismos vivos son orgánicas. Desde 1807 se emplea el término "orgánico". En ese año, el químico sueco, Jons Berzelius, sugirió que toda la materia se podría clasificar como orgánica o inorgánica. La materia orgánica se origina de un organismo vivo y la inorgánica no se origina de los organismos vivos. ¿En qué forma se establece la diferencia? Los químicos de aquella época lo decidieron a base de una prueba muy simple: si se calentaba y enfriaba la materia o sustancia y no sufría ningún cambio significativo, se clasificaba como inorgánica y si la sustancia sufría algún cambio durante el calentamiento y enfriamiento, era orgánica; la madera, la harina, el cabello, son sustancias orgánicas.



Una definición moderna de materia orgánica. En la actualidad, los químicos continúan usando los términos "orgánicos" e "inorgánicos", pero no con el significado original. Ahora, no se considera la materia orgánica como producto exclusivo de los organismos, sino que se define en forma más precisa, como "cualquier sustancia que contiene varios átomos de carbono unidos entre sí o unidos al hidrógeno". Son miles las moléculas orgánicas sintetizadas por el hombre. La materia inorgánica es simplemente cualquier materia que no sea orgánica.

El término *carbohidratos* se aplicó como nombre descriptivo, puesto que carbohidrato significa "carbón hidratado". A principios del siglo XIX los químicos, al estudiar sustancias, como madera, almidón, etc., encontraron que todas estas compuestas, principalmente, de carbón, hidrógeno y oxígeno. Al hacer el análisis de esas sustancias encontraron que su fórmula era  $C_6 H_{12} O_6$ . Posteriormente, encontraron otros compuestos orgánicos con fórmulas similares por ejemplo  $C_5 H_{10} O_5$  y  $C_{12} H_{22} O_{11}$ . Observe que esas moléculas tienen una relación de proporción de hidrógeno a oxígeno como el agua, es decir 2:1. Este descubrimiento estimuló a los químicos a creer que estos compuestos eran cadenas de carbono unidas con moléculas de agua.

Investigaciones posteriores revelaron algunos hechos que hicieron menos descriptivos el nombre de los carbohidratos. Por ejemplo, encontraron que las moléculas de agua *no* formaban parte de la molécula de carbohidrato. Como se ve en la Fig. (2-9), el hidrógeno y el oxígeno están unidos al carbono *separadamente*. También se descubrió que la relación hidrógeno-oxígeno 2:1, *no* se presenta siempre en los carbohidratos.

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos que más abundan en la naturaleza y que se encuentran en las plantas en mayor cantidad que en los animales. Estos dos hechos, tan importantes, son fáciles de explicar. La mayoría de los car-

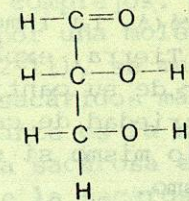


Fig. 2-9 El nombre químico de este carbohidrato es *gliceraldehído*. Note que aun que su fórmula es  $C_3 H_6 O_3$ , no hay agrupamientos  $H_2O$ , debido a que este carbohidrato tiene una cadena de tres carbonos llamada *triosa*. Las *tetrosas* tienen cuatro carbonos, las *pentosas* cinco y las *hexosas* seis. Principalmente nos interesan las hexosas y pentosas, por ser los azúcares más simples.

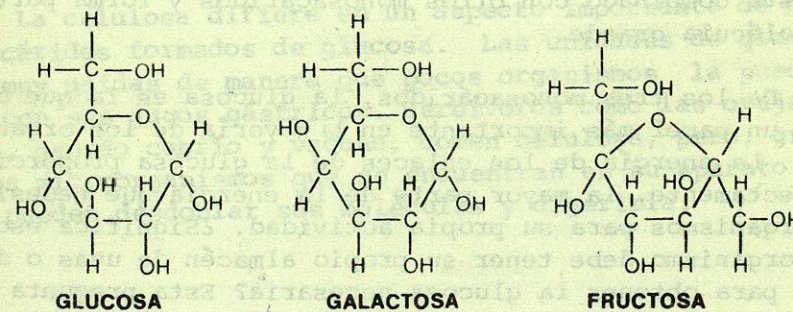


Fig. 2-10 Tres monosacáridos.